



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 39 397 A1 2004.03.11

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 39 397.4

(22) Anmeldetag: 28.08.2002

(43) Offenlegungstag: 11.03.2004

(51) Int Cl.: F02D 41/30
F02D 43/04

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

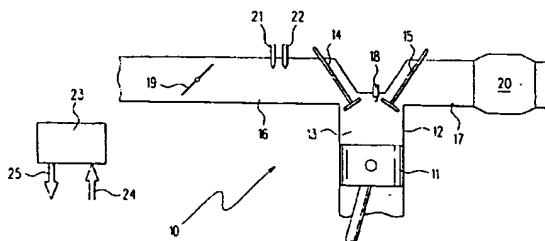
(74) Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart

(72) Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10) insbesondere eines Kraftfahrzeugs beschrieben. Die Brennkraftmaschine weist einen Brennraum (13) auf, dem Kraftstoff einspritzbar und/oder Gas zuführbar ist. Bei dem Verfahren wird zwischen einer Kraftstoffeinspritzung und einer Gaszuführung umgeschaltet. Durch eine Beeinflussung von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine (10) wird eine Änderung des Drehmoments der Brennkraftmaschine (10) beim Umschalten weitgehend vermieden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein entsprechendes Steuergerät für eine Brennkraftmaschine sowie eine entsprechende Brennkraftmaschine.

Stand der Technik

[0002] Aus der DE 199 22 748 A1 ist es bekannt, die Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit zwei verschiedenen Kraftstoffarten zu betreiben. Die Umschaltung zwischen den Kraftstoffarten erfolgt dabei in Abhängigkeit von den erzeugten Emissionen. Insbesondere soll durch die Umschaltung eine Reduktion der Schadstoffemissionen erreicht werden.

[0003] In der DE 199 22 748 A1 werden nur die Emissionen der Brennkraftmaschine berücksichtigt. Weitere Eigenschaften der Brennkraftmaschine, die durch das Umschalten zwischen den verschiedenen Kraftstoffarten beeinflusst werden könnten, sind in der genannten Druckschrift des Stands der Technik nicht berücksichtigt.

Aufgabenstellung

[0004] Aufgabe, Lösung und Vorteile der Erfindung

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs zu schaffen, mit dem ein Umschalten der Brennkraftmaschine zwischen verschiedenen Kraftstoffarten ohne Weiteres und insbesondere ohne jegliche Auswirkungen auf die Brennkraftmaschine durchgeführt werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass durch eine Beeinflussung von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine eine Änderung des Drehmoments der Brennkraftmaschine beim Umschalten weitgehend vermieden wird.

[0007] Erfindungsgemäß wird das Umschalten der Brennkraftmaschine zwischen verschiedenen Kraftstoffarten derart durchgeführt, dass im Wesentlichen keine Drehmomentänderungen oder gar Drehmomentsprünge entstehen. Die Eigenschaften der Brennkraftmaschine, insbesondere deren Laufruhe, werden somit durch das Umschalten nicht beeinflusst. Insbesondere hat das Umschalten zwischen den verschiedenen Kraftstoffarten keinerlei Ruck oder dergleichen und damit keinerlei negative Auswirkungen auf das Fahrverhalten des Kraftfahrzeugs zur Folge.

[0008] Bei vorteilhaften Weiterbildungen der Erfindung werden der Umschaltzeitpunkt oder die Umschaltzeitpunkte und/oder der Luftmassenstrom und der Zündwinkel und/oder das Luftverhältnis beeinflusst.

[0009] So ist es besonders vorteilhaft, wenn die Zylinder der Brennkraftmaschine zeitlich nacheinander umgeschaltet werden. Damit wird erreicht, dass mögliche Drehmomentänderungen, die durch die Umschaltung an sich hervorgerufen werden würden, auf verschiedene Zeitpunkte aufgeteilt werden. Die einzelnen Drehmomentänderungen werden somit wesentlich geringer und treten zeitlich nacheinander auf. Dies ergibt insgesamt einen weitgehend gleichbleibenden Drehmomentverlauf der Brennkraftmaschine.

[0010] Bei einer anderen besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Umschaltung während eines Schiebebetriebs der Brennkraftmaschine durchgeführt. Ein derartiger Schiebebetrieb liegt bspw. vor, wenn das Kraftfahrzeug ein Gefälle hinunterfährt, der Fahrer des Kraftfahrzeugs das Fahrpedal nicht betätigt und das Getriebe des Kraftfahrzeugs nicht ausgekuppelt ist. Ein derartiger Schiebebetrieb kann auch dann erzeugt werden, wenn das Kraftfahrzeug auf eine rote Ampel zurollt. In diesem Zustand betätigt der Fahrer üblicherweise nicht das Fahrpedal und das Getriebe ist ebenfalls nicht ausgekuppelt. In einem derartigen vorhandenen oder gezielt erzeugten Schiebebetrieb wird erfindungsgemäß die Umschaltung zwischen einer Kraftstoffeinspritzung und einer Gaszuführung oder umgekehrt durchgeführt. Während des Schiebebetriebs hat eine derartige Umschaltung keinerlei Auswirkung auf das Drehmoment der Brennkraftmaschine. Eine Drehmomentänderung oder gar ein Drehmomentsprung tritt damit nicht auf.

[0011] Weiterhin ist es in besonders vorteilhafter Weise möglich, bei einer Umschaltung den Luftmassenstrom und den Zündwinkel zu beeinflussen. Auf diese Weise kann bei einer Umschaltung der an sich vorhandene Sprung zwischen dem durch die Kraftstoffeinspritzung erzeugten Drehmoment und dem durch die Gaszuführung erzeugten Drehmoment vermieden werden. Es wird dabei ein während der Kraftstoffeinspritzung an sich vorhandenes erhöhtes Drehmoment durch eine Spätverstellung des Zündwinkels kompensiert. Damit wird letztlich erreicht, dass das Drehmoment der Brennkraftmaschine während des gesamten Umschaltvorgangs weitgehend konstant bleibt.

[0012] Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit besteht darin, nach einer Umschaltung von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung oder umgekehrt die Gaszuführung kurvenförmig auszuschalten oder einzuschalten. Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass die Auswirkungen eines Kraftstoff-Wandfilms, der sich im Ansaugrohr der Brennkraftmaschine bildet, durch den kurvenförmigen Verlauf des Einschaltens oder Ausschaltens der Gaszuführung kompensiert werden.

[0013] Schließlich ist es vorteilhafterweise möglich, dass das Luftverhältnis während bzw. nach einer Umschaltung verändert wird. Auf diese Weise kann insbesondere eine Umschaltung von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung erreicht werden.

spritzung zu einer Gaszuführung während einer Vollast der Brennkraftmaschine durchgeführt werden. In diesem Fall wird das Luftverhältnis der Gaszuführung nach der Umschaltung nach "fett" verändert, um auf diese Weise eine Drehmomenterhöhung und damit insgesamt ein im Wesentlichen gleichbleibendes Drehmoment während der gesamten Umschaltung zu erreichen.

[0014] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

Ausführungsbeispiel

Ausführungsbeispiele der Erfindung

[0015] **Fig. 1** zeigt ein schematisches Blockbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,

[0016] **Fig. 2** zeigt ein schematisches Zeitdiagramm von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine der **Fig. 1**,

[0017] **Fig. 3** zeigt einen schematischen Ablaufplan eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine der **Fig. 1**,

[0018] **Fig. 4** zeigt einen schematischen Ablaufplan eines Teils des Verfahrens der **Fig. 3**,

[0019] **Fig. 5a** und **5b** zeigen schematische Zeitdiagramme von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine der **Fig. 1**,

[0020] **Fig. 6** zeigt ein schematisches Zeitdiagramm einer Betriebsgröße der Brennkraftmaschine der **Fig. 1** bei einer Weiterbildung des Verfahrens der **Fig. 3**,

[0021] **Fig. 7** zeigt ein schematisches Zeitdiagramm einer Betriebsgröße der Brennkraftmaschine der **Fig. 1** bei einer Weiterbildung des Verfahrens der **Fig. 3**, und

[0022] **Fig. 8** zeigt einen schematischen Ablaufplan eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine der **Fig. 1**.

[0023] In der **Fig. 1** ist eine Brennkraftmaschine **10** eines Kraftfahrzeugs dargestellt, bei der ein Kolben **11** in einem Zylinder **12** hin und her bewegbar ist. Der Zylinder **12** ist mit einem Brennraum **13** versehen, der unter anderem durch den Kolben **11**, ein Einlassventil **14** und ein Auslassventil **15** begrenzt ist. Mit dem Einlassventil **14** ist ein Ansaugrohr **16** und mit dem Auslassventil **15** ist ein Abgasrohr **17** verbunden. Ebenfalls ist dem Brennraum **13** eine Zündkerze

18 zugeordnet.

[0024] In dem Ansaugrohr **16** ist eine Drosselklappe **19** untergebracht, über die dem Brennraum **13** Luft zuführbar ist. Die Menge der zugeführten Luft ist abhängig von der Winkelstellung der Drosselklappe **19**. In dem Abgasrohr **17** ist ein Katalysator **20** enthalten. [0025] Zwischen der Drosselklappe **19** und dem Einlassventil **14** sind in dem Ansaugrohr **16** zwei Einspritzventile **21**, **22** vorgesehen. Das erste Einspritzventil **21** ist zur Einspritzung von Kraftstoff, insbesondere von Benzin vorgesehen. Das zweite Einspritzventil **22** ist zur Einspritzung von Gas, insbesondere Propan oder Erdgas vorgesehen.

[0026] Für die Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine **10** ist ein Steuergerät **23** vorhanden. Dem Steuergerät **23** sind eine Mehrzahl von Eingangssignalen **24** zugeführt, die Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine **10** entsprechen. Dabei kann es sich bspw. um die Drehzahl der Brennkraftmaschine **10**, die Temperatur des Zylinders **12** und dergleichen handeln. In Abhängigkeit von den Eingangssignalen **24** erzeugt das Steuergerät **23** eine Mehrzahl von Ausgangssignalen **25**. Mit diesen Ausgangssignalen **25** werden die Funktionen der Brennkraftmaschine **10** beeinflusst. So werden in Abhängigkeit von den Ausgangssignalen **25** bspw. die Zündkerze **18**, insbesondere deren Zündzeitpunkt, oder die Einspritzventile **21**, **22**, insbesondere deren Einspritzbeginn und Einspritzdauer, oder die Winkelstellung der Drosselklappe **19** oder dergleichen eingestellt.

[0027] Zur Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine **10** ist das Steuergerät **23** mit einem Computerprogramm versehen. Das Computerprogramm weist eine Vielzahl von Programmbefehlen auf, die dazu geeignet sind, die nachfolgend beschriebenen Verfahren auszuführen. Zur Ausführung ist dabei ein Computer in dem Steuergerät **23** vorhanden, der mit einem elektronischen Speichermedium, bspw. mit einem Flash-Memory versehen ist, auf dem das Computerprogramm abgespeichert ist.

[0028] Im Betrieb der Brennkraftmaschine **10** kann von einer Einspritzung von Kraftstoff über das Einspritzventil **21** zu einem Zuführen von Gas über das Einspritzventil **22** umgeschaltet werden. Entsprechend kann auch wieder von einer Gaszuführung zu einer Kraftstoffeinspritzung zurückgeschaltet werden.

[0029] Der Kraftstoff und das Gas haben üblicherweise unterschiedliche Brennwerte. Dies führt dazu, dass ohne besondere Maßnahmen beim Umschalten zwischen einer Einspritzung von Kraftstoff und einer Zuführung von Gas oder umgekehrt ein Sprung des Drehmoments der Brennkraftmaschine **10** entsteht. Weiterhin weist das zugeführte Gas ein größeres Volumen auf als der eingespritzte Kraftstoff. Dies führt dazu, dass von dem zugeführten Gas eine größere Luftmenge im Ansaugrohr **16** verdrängt wird. Die Luftfüllung des Brennraums **13** der Brennkraftmaschine **10** vermindert sich somit bei einem Umschalten von einer Einspritzung von Kraftstoff zu einer Zu-

führung von Gas und umgekehrt. Auch dies führt zu einem Sprung des Drehmoments der Brennkraftmaschine 10.

[0030] Die vorliegende Erfindung stellt Verfahren zur Verfügung, mit denen ein Sprung des Drehmoments der Brennkraftmaschine 10 bei einem Umschalten zwischen einer Einspritzung von Kraftstoff und einem Zuführen von Gas oder umgekehrt möglichst weitgehend vermieden wird.

[0031] Ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist in der Fig. 2 dargestellt. Dort ist die Einspritzung von Kraftstoff und die Zuführung von Gas für die Zylinder Z1, Z2, Z3, Z4 einer vierzylindrigen Brennkraftmaschine jeweils über der Zeit t dargestellt. Die Einspritzung von Kraftstoff ist mittels einer durchgezogenen Linie und die Zuführung von Gas mittels einer gestrichelten Linie gekennzeichnet.

[0032] In einem Zeitpunkt UA wird die Umschaltung von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung angefordert. Dies hat gemäß der Fig. 2 zur Folge, dass in dem Zeitpunkt UA die Einspritzung von Kraftstoff in den Zylinder Z1 abgeschaltet und in demselben Zeitpunkt die Zuführung von Gas in den Zylinder Z1 eingeschaltet wird. Nach Ablauf einer Zeitdauer T1 wird dieselbe Umschaltung für den Zylinder Z2 durchgeführt. Nach Ablauf einer weiteren Zeitdauer T1 wird dieselbe Umschaltung für den Zylinder Z3 durchgeführt. Nach einer weiteren Zeitdauer T1 wird schließlich dieselbe Umschaltung für den Zylinder Z4 durchgeführt.

[0033] Insgesamt sind somit alle vier Zylinder Z1, Z2, Z3, Z4 innerhalb von drei Zeitdauern T1 nach dem Zeitpunkt UA von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung umgeschaltet. Durch diese zeitlich aufeinander folgende Umschaltung der einzelnen Zylinder Z1, Z2, Z3, Z4 der vierzylindrigen Brennkraftmaschine 10 ergeben sich nur noch geringfügige Sprünge des Drehmoments der Brennkraftmaschine 10 während der gesamten Umschaltung.

[0034] Die Zeitdauer T1 kann als Festwert vorgegeben werden. Sie kann dabei durch Versuche auf einen Wert eingestellt werden, bei dem die entstehenden Drehmomentschwankungen beim Umschalten von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung am geringsten sind. Ebenfalls ist es möglich, die Zeitdauer T1 in Abhängigkeit von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine, bspw. der Temperatur des Zylinders 12 oder der Drehzahl der Brennkraftmaschine 10 zu verändern.

[0035] Das anhand der Fig. 2 erläuterte Verfahren kann in entsprechender Weise auch bei einer Umschaltung von einer Gaszuführung zu einer Kraftstoffeinspritzung angewendet werden.

[0036] In der Fig. 3 ist ein zweites Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Umschalten der Brennkraftmaschine 10 von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung oder umgekehrt dargestellt. Wie nachfolgend erläutert ist, werden bei diesem Verfahren die einzelnen Zylinder ei-

ner Brennkraftmaschine 10 zeitlich aufeinander folgend umgeschaltet. Insoweit stimmt das Verfahren der Fig. 3 mit dem Zeitdiagramm der Fig. 2 überein.

[0037] Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass es bei den Verfahren der Fig. 3 auch möglich ist, alle Zylinder der Brennkraftmaschine 10 gleichzeitig oder zumindest nahezu gleichzeitig umzuschalten. Dies wird nachfolgend nicht näher erläutert, ist jedoch ohne Weiteres dadurch zu erreichen, dass das anhand der Fig. 3 beschriebene Verfahren für die einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine 10 quasi zeitgleich abläuft.

[0038] Das Verfahren der Fig. 3 wird mit einem Block 30 gestartet, um danach in einem Block 31 abzufragen, ob eine Umschaltanforderung vorliegt. Dabei kann es sich um eine Anforderung für eine Umschaltung von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung oder umgekehrt von einer Gaszuführung zu einer Kraftstoffeinspritzung handeln.

[0039] Ist dies der Fall, so wird in einem Block 32 die erwünschte Umschaltung für den ersten Zylinder der Brennkraftmaschine 10 vorbereitet und durchgeführt. Dies wird nachfolgend anhand der Fig. 4 und 5 noch detailliert erläutert werden.

[0040] In einem Block 33 wird abgefragt, ob die Zeitdauer T1 bereits abgelaufen ist. Ist dies nicht der Fall, so wird die Vorbereitung und Durchführung der Umschaltung mittels des Blocks 32 fortgesetzt. Ist jedoch die Zeitdauer T1 abgelaufen, so wird die Umschaltung des ersten Zylinders ohne eine weitere Vorbereitung sofort durchgeführt.

[0041] Die Zeitdauer T1 entspricht der Zeitdauer T1 der Fig. 2. Durch die Abfrage 33 wird somit erreicht, dass die Umschaltung des ersten Zylinders der Brennkraftmaschine 10 spätestens nach Ablauf der Zeitdauer T1 in jedem Fall durchgeführt wird.

[0042] In einem nachfolgenden Block 34 wird nunmehr die Umschaltung des zweiten Zylinders der Brennkraftmaschine 10 vorbereitet und durchgeführt. In einer nachfolgenden Abfrage wird wiederum überprüft, ob die Zeitdauer T1 bereits erreicht ist. Ist dies nicht der Fall, so wird – wie bereits im Zusammenhang mit dem ersten Zylinder der Brennkraftmaschine 10 erläutert worden ist – die Vorbereitung und Durchführung des zweiten Zylinders mittels des Blocks 34 fortgesetzt. Ist jedoch die Zeitdauer T1 erreicht, so wird der zweite Zylinder ohne eine weitere Fortsetzung der Vorbereitung durch den Block 34 sofort umgeschaltet.

[0043] Dieses Verfahren wird gemäß der Fig. 3 für alle Zylinder der Brennkraftmaschine 10 nacheinander durchgeführt. Das Verfahren endet dann schließlich nach der Umschaltung des letzten Zylinders der Brennkraftmaschine 10 mit dem Block 35.

[0044] Bei dem Verfahren der Fig. 3 wird eine vierzylindrige Brennkraftmaschine somit innerhalb von vier Zeitdauern T1 von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung oder umgekehrt umgeschaltet. In jeder der vier Zeitdauern T1 ist einer der Blöcke 32, 34 usw. wirksam, mit dem die Zylinder der Brenn-

kraftmaschine 10 nacheinander auf die Umschaltung vorbereitet und dann umgeschaltet werden. Dauert die Vorbereitung der Umschaltung in einem der Zylinder zu lange, so wird durch die Blöcke 33 usw. und die dort erfolgende Überwachung erreicht, dass der jeweilige Zylinder in jedem Fall nach Ablauf der Zeitdauer T1 umgeschaltet wird.

[0045] Durch die Vorbereitung der Umschaltung in den Blöcken 32 und 34 wird erreicht, dass der Drehmomentsprung bei der Umschaltung eines einzelnen Zylinders wesentlich geringer ist als ohne die genannte Vorbereitung. Insgesamt wird somit der Sprung bei der Umschaltung der Brennkraftmaschine 10 von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung oder umgekehrt vermindert.

[0046] In der Fig. 4 ist ein Verfahren dargestellt, das eine Umschaltung von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung oder umgekehrt vorbereitet und durchführt. Das Verfahren der Fig. 4 kann somit beispielhaft jeweils anstelle der Blöcke 32, 34 usw. der Fig. 3 eingesetzt werden.

[0047] Das Verfahren der Fig. 4 wird nachfolgend mit Hilfe der Fig. 5a und 5b erläutert. Es wird darauf hingewiesen, dass sich die Fig. 4, 5a und 5b immer nur auf einen Zylinder der Brennkraftmaschine 10 beziehen.

[0048] Soll ein Zylinder der Brennkraftmaschine 10 von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung oder umgekehrt umgeschaltet werden, so wird gemäß der Fig. 4 in einem Block 41 die Füllung des Zylinders bei Kraftstoffeinspritzung ermittelt. Entsprechend wird in einem Block 42 die Füllung des Zylinders bei Gaszuführung ermittelt. Für beide Berechnungen können Modelle der Brennkraftmaschine 10, insbesondere Modelle für die Füllung des Brennraums 13 mit einem Luft/Kraftstoff-Gemisch bzw. Luft/Gas-Gemisch herangezogen werden.

[0049] In einem Block 43 wird das aus der Zylinderfüllung entstehende Drehmoment bei Kraftstoffeinspritzung ermittelt. Entsprechend wird in einem Block 44 das aus der Zylinderfüllung resultierende Drehmoment bei Gaszuführung ermittelt. Beide Berechnungen der Blöcke 43 und 44 können wiederum mit Hilfe von Modellbildungen durchgeführt werden.

[0050] In einem nachfolgenden Block 45 wird geprüft, ob das bei Kraftstoffeinspritzung gemäß dem Block 43 entstehende Drehmoment gleich ist dem bei Gaszuführung gemäß dem Block 44 entstehenden Drehmoment. Ist dies nicht der Fall, so wird das Verfahren der Fig. 4 mit dem Block 46 fortgesetzt.

[0051] Ist hingegen eine Gleichheit des Drehmoments bei Kraftstoffeinspritzung und bei Gaszuführung erreicht, so wird das Verfahren mit dem Block 47 fortgesetzt. Die Blöcke 46 und 47 sind dabei davon abhängig, ob von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung oder umgekehrt umgeschaltet wird.

[0052] Nachfolgend wird zuerst die Umschaltung der Brennkraftmaschine 10 von einer Einspritzung von Kraftstoff zu einer Zuführung von Gas anhand der Fig. 5a näher erläutert.

[0053] In der Fig. 5a sind die Winkelstellung DKW der Drosselklappe 19, der über die Drosselklappe 19 strömende Luftmassenstrom LS, die Spätverstellung des Zündwinkels ZW sowie das Einspritzsignal TIK für den Kraftstoff und das Einspritzsignal TIG für das Gas jeweils über der Zeit t aufgetragen.

[0054] Bei der Umschaltung von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung würde ohne irgendwelche Gegenmaßnahmen ein Sprung zu einem kleineren Drehmoment entstehen. Dies ergibt sich daraus, dass aufgrund des Heizwerts und der geringeren Luftfüllung bei Gas bei einer gleichbleibenden Winkelstellung DKW der Drosselklappe 19 das Gas ein geringeres Drehmoment erzeugen würde als der Kraftstoff.

[0055] In einem Zeitpunkt UA wird die Umschaltung der Brennkraftmaschine 10 von der Kraftstoffeinspritzung auf die Gaszuführung angefordert. Gemäß der Fig. 5a wird in diesem Zeitpunkt die Drosselklappe 19 geöffnet und damit die Winkelstellung DKW sprunghaft erhöht. Dies hat zur Folge, dass mehr Luft über die Drosselklappe 19 strömt, so dass der zu dem Brennraum gelangende Luftmassenstrom LS sich langsam erhöht. Die langsame Erhöhung resultiert dabei aus dem Weg, den die Luft von der Drosselklappe 19 bis zum Brennraum 13 zurücklegen muss.

[0056] Gemäß der Fig. 5a wird im Zeitpunkt UA Kraftstoff eingespritzt, jedoch kein Gas zugeführt. Dies ergibt sich aus den Einspritzsignalen TIK und TIG. Aufgrund der Kraftstoffeinspritzung und der sich vergrößernden Luftmasse würde an sich ein ansteigendes Drehmoment für den zugehörigen Zylinder entstehen. Dieses ansteigende Drehmoment wird jedoch durch eine Spätverstellung des Zündwinkels ZW kompensiert. Dies ergibt sich in der Fig. 5a aus dem Verlauf des Zündwinkels ZW.

[0057] Die beschriebene Änderung der Winkelstellung DKW der Drosselklappe 19 sowie Spätverstellung des Zündwinkels ZW wird in dem Block 46 der Fig. 4 durchgeführt. Die entsprechenden Änderungen werden in der Berechnung der Zylinderfüllung und in der Berechnung des entstehenden Moments in den Blöcken 41 und 43 entsprechend berücksichtigt. Entsprechend wird in den Blöcken 42 und 44 die Veränderung der Winkelstellung DKW der Drosselklappe 19 auch für die Gaszuführung berücksichtigt.

[0058] Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass in den Blöcken 42 und 44 die Spätverstellung des Zündwinkels ZW nicht berücksichtigt wird.

[0059] Dies hat zur Folge, dass – wie erläutert wurde – das von der Kraftstoffeinspritzung erzeugte Drehmoment aufgrund der Spätverstellung des Zündwinkels ZW im Wesentlichen gleich bleibt. Das in den Blöcken 42 und 44 für die Gaszuführung ermittelte Drehmoment steigt jedoch aufgrund der Veränderung der Winkelstellung DKW der Drosselklappe 19 langsam an. Dieses Ansteigen resultiert daraus, dass in den Blöcken 42 und 44 die Spätverstellung des Zündwinkels ZW – wie gesagt – nicht berücksichtigt wird.

[0060] In dem Block 45 nähert sich somit das für eine Gaszuführung über die Blöcke 42 und 44 ermittelte Drehmoment langsam dem für die Kraftstoffeinspritzung momentan vorliegenden und über die Blöcke 41 und 44 berechneten Drehmoment an. Diese Annäherung wird – wie beschrieben – so lange über den Block 46 fortgesetzt, bis das momentane, aus der Kraftstoffeinspritzung resultierende Drehmoment gleich ist dem für eine Gaszuführung ermittelten Drehmoment. Ist dies der Fall, wird – wie gesagt – das Verfahren der Fig. 4 mit dem Block 47 fortgesetzt.

[0061] In dem Block 47 erfolgt die eigentliche Umschaltung von der Kraftstoffeinspritzung zu der Gaszuführung. Dies entspricht dem Zeitpunkt U in der Fig. 5a. In diesem Zeitpunkt U wird gemäß der Fig. 5a einerseits die Einspritzung von Kraftstoff gemäß dem Einspritzsignal TIK beendet und die Zuführung von Gas gemäß dem Einspritzsignal TIG begonnen. Gleichzeitig wird in dem Zeitpunkt U die Spätverstellung des Zündwinkels ZW wieder zurückgenommen und der Zündwinkel ZW wird auf denjenigen Wert eingestellt, der für die Gaszuführung dem nunmehr vorliegenden Luftmassenstrom LS entspricht. Der Luftmassenstrom LS sinkt dabei aufgrund der Luftverdrängung durch das Gas etwas ab. Die Umschaltung von einer Einspritzung von Kraftstoff zu einer Zuführung von Gas ist damit abgeschlossen.

[0062] Die Blöcke 41 bis 46 der Fig. 4 dienen zusammenfassend der Vorbereitung der vorgenannten Umschaltung. Diese Vorbereitung wurde bereits im Zusammenhang mit den Blöcken 32, 34 der Fig. 3 erwähnt. Die Vorbereitung dient dazu, einen möglichen Sprung des Drehmoments bei der Umschaltung möglichst auf Null zu vermindern. Dies wird dadurch erreicht, dass der Luftmassenstrom LS auf einen Wert verändert wird, mit dem die nachfolgende Gaszuführung dasselbe Drehmoment erzeugen kann wie die momentane Kraftstoffeinspritzung. Während der Kraftstoffeinspritzung wird jedoch die Erhöhung des Luftmassenstroms LS durch eine Spätverstellung des Zündwinkels ZW kompensiert. Insgesamt ergibt sich damit während des gesamten Zeitablaufs der Umschaltung von der Kraftstoffeinspritzung zu der Gaszuführung ein im Wesentlichen gleichbleibendes Drehmoment des zugehörigen Zylinders.

[0063] In der Fig. 5b ist die Umschaltung von einer Gaszufuhr zu einer Kraftstoffeinspritzung dargestellt. Die aufgetragenen Signale der Fig. 5b entsprechen den Signalen der Fig. 5a. Das zu der Fig. 5b zugehörige Verfahren ergibt sich wiederum aus der Fig. 4.

[0064] Für eine Umschaltung von einer Gaszuführung zu einer Kraftstoffeinspritzung werden die Blöcke 41 bis 45 der Fig. 4 in gleicher Weise durchlaufen wie dies bereits erläutert worden ist. Der dabei auftretende Zeitpunkt UA ist in der Fig. 5b ebenfalls angegeben.

[0065] Bei der Umschaltung von einer Gaszuführung zu einer Kraftstoffeinspritzung würde ohne irgendwelche Gegenmaßnahmen ein Sprung zu ei-

nem größeren Drehmoment entstehen. Dies ergibt sich daraus, dass bei einer gleichbleibenden Winkelstellung DKW der Drosselklappe 19 der Kraftstoff ein höheres Drehmoment erzeugen würde als das Gas.

[0066] In dem Block 46 der Fig. 4 wird zur Vorbereitung der eigentlichen Umschaltung diejenige Spätverstellung des Zündwinkels ZW ermittelt, die erforderlich ist, um bei dem momentan vorhandenen Luftmassenstrom LS das durch eine Kraftstoffeinspritzung erzeugte Drehmoment auf denjenigen Wert zu vermindern, der momentan tatsächlich durch die Gaszuführung erzeugt wird. Ist diese Spätverstellung des Zündwinkels ZW berechnet, so wird in dem Zeitpunkt U die eigentliche Umschaltung von der Gaszuführung zu der Kraftstoffeinspritzung durchgeführt. Dies hat zu Folge, dass das Verfahren der Fig. 4 in dem Block 47 fortgesetzt wird.

[0067] Gemäß der Fig. 5b wird in dem Zeitpunkt U und damit in dem Block 47 einerseits die Zuführung von Gas gemäß dem Einspritzsignal TIG beendet und andererseits die Einspritzung von Kraftstoff gemäß dem Einspritzsignal TIK begonnen. Gleichzeitig wird die Winkelstellung DKW der Drosselklappe 19 sprunghaft vermindert. Dies hat zur Folge, dass der Luftmassenstrom LS langsam abnimmt. Diese Abnahme ergibt sich wiederum aus dem Weg, den die Luft von der Drosselklappe 19 bis zu dem Brennraum 13 zurücklegen muss.

[0068] Wie erläutert wurde, hätte die Kraftstoffeinspritzung gemäß dem Einspritzsignal TIK zusammen mit dem momentan vorhandenen Luftmassenstrom LS einen Sprung zu einem größeren Drehmoment zur Folge. Dies wird dadurch kompensiert, dass der Zündwinkel ZW gemäß den vorherigen Berechnungen im Block 46 nach spät verstellt wird. Diese Spätverstellung beginnt in dem Zeitpunkt U und ist in der Fig. 5b entsprechend dargestellt.

[0069] Die Spätverstellung des Zündwinkels ZW wird danach langsam wieder zurückgeführt, und zwar etwa in gleicher Weise wie der Luftmassenstrom LS abnimmt. Nach einer gewissen Zeitdauer nehmen der Luftmassenstrom LS und der Zündwinkel ZW diejenigen Werte ein, mit denen bei der Kraftstoffeinspritzung dasselbe Drehmoment erzeugt wird wie zuvor bei der Gaszuführung erzeugt worden ist. Die Umschaltung von der Gaszuführung auf die Kraftstoffeinspritzung ist damit abgeschlossen.

[0070] Die vorstehend anhand der Fig. 3 bis 5 beschriebenen Umschaltungen von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung und umgekehrt ermöglichen es, einen Sprung des Drehmoments bei einer derartigen Umschaltung nahezu vollständig zu vermeiden. Es ergibt sich damit ein nahezu gleichbleibender Drehmomentverlauf bei der Umschaltung. Dies gilt für den jeweiligen Zylinder und damit für die gesamte Brennkraftmaschine 10.

[0071] Es wird an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass die einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine 10 nicht nur – wie dies im Zusammenhang mit der Fig. 2 dargestellt ist – nacheinander um-

geschaltet werden können, sondern dass es ebenfalls möglich ist, alle Zylinder der Brennkraftmaschine 10 quasi zeitgleich umzuschalten. Durch das Verfahren der Fig. 3 bis 5 wird dabei erreicht, dass selbst bei einer derartigen, quasi gleichzeitigen Umschaltung sich nahezu keine Drehmomentänderung oder Drehmomentschwankung bei dem Umschalten ergibt.

[0072] In der Fig. 6 ist eine Weiterbildung der Ausführungsbeispiele der Fig. 2 bis 5 dargestellt. In der Fig. 6 ist das Einspritzsignal TIG für die Gaszuführung und das Einspritzsignal TIK für die Kraftstoffeinspritzung über der Zeit aufgetragen. Weiterhin ist der Umschaltzeitpunkt U angegeben, in dem von einer Gaszuführung zu einer Kraftstoffeinspritzung umgeschaltet wird. Wie sich aus der Fig. 6 ergibt, wird vor dem Umschaltzeitpunkt U die Brennkraftmaschine 10 mit Gas betrieben. Erst im Umschaltzeitpunkt U wird gemäß dem Einspritzsignal TIK der Fig. 6 die Kraftstoffeinspritzung sprunghaft eingeschaltet.

[0073] Im Unterschied zu der Fig. 5b, wo im Umschaltzeitpunkt U nicht nur die Kraftstoffeinspritzung sprunghaft eingeschaltet, sondern auch die Gaszuführung sprunghaft ausgeschaltet wird, ist in der Fig. 6 vorgesehen, die Gaszuführung gemäß dem Einspritzsignal TIG im Umschaltzeitpunkt U nicht sprunghaft zu beenden, sondern ausgehend von dem Umschaltzeitpunkt U kurvenförmig auf Null herunterzufahren.

[0074] Durch dieses kurvenartige Herunterfahren der Gaszuführung nach dem Umschaltzeitpunkt U gemäß dem Einspritzsignal TIG der Fig. 6 wird Folgendes erreicht:

Während des Betriebs der Brennkraftmaschine 10 mit Kraftstoff bildet sich an den Innenwänden des Ansaugrohrs 16 ein sog. Wandfilm. Durch diesen Wandfilm wird somit Kraftstoff innerhalb des Ansaugrohrs 16 gespeichert. Während des Betriebs der Brennkraftmaschine 10 mit Gas baut sich dieser Wandfilm wieder ab und ist nicht mehr vorhanden. Bei einer nachfolgenden Umschaltung der Brennkraftmaschine 10 von einer Gaszuführung auf eine Kraftstoffeinspritzung muss sich der Wandfilm somit wieder erneut aufbauen. Dies bedeutet, dass unmittelbar nach dem Umschalten zur Kraftstoffeinspritzung sich der Kraftstoff zuerst an den Innenwänden des Ansaugrohrs 16 niederschlägt. Dieser im Ansaugrohr 16 verbleibende Kraftstoff fehlt somit bei dem Kraftstoff/Luft-Gemisch, das dem Brennraum 13 der Brennkraftmaschine zugeführt wird.

[0075] Dies wird bei der Weiterbildung der Fig. 6 dadurch ausgeglichen, dass die Gaszuführung gemäß dem Einspritzsignal TIG nicht sprunghaft abgeschaltet wird, sondern – wie erläutert wurde – kurvenförmig gegen Null heruntergefahren wird. Durch dieses kurvenförmige Herunterfahren wird somit der durch den Aufbau des Wandfilms fehlende Kraftstoff kompensiert. Es wird also unmittelbar nach dem Umschaltzeitpunkt U noch für eine gewisse Zeit Gas zugeführt, um damit denjenigen Kraftstoff auszuglei-

chen, der in den Aufbau des Wandfilms eingeht.

[0076] Wird in einem späteren Zeitpunkt wieder von der Kraftstoffeinspritzung auf die Gaszuführung zurückgeschaltet, so wird in diesem späteren Zeitpunkt der sich nunmehr abbauende Wandfilm erneut berücksichtigt. Dies erfolgt dadurch, dass bei diesem späteren Zurückschalten die Kraftstoffeinspritzung sprunghaft abgeschaltet wird, die Gaszuführung jedoch nicht sprunghaft eingeschaltet, sondern kurvenförmig in ihren eingeschalteten Zustand überführt wird. Auf diese Weise wird der sich abbauende und dem Brennraum 13 zugeführte Kraftstoff des Wandfilms durch eine anfängliche Minderung der Gaszuführung kompensiert.

[0077] Bei der Weiterbildung der Fig. 6 wird somit der Aufbau und der Abbau von Kraftstoff-Wandfilmen durch entsprechende kurvenförmige Verläufe des Ein- und Ausschaltens der Gaszuführung ausgeglichen. Die kurvenförmigen Verläufe können dabei mit Hilfe von Modellrechnungen für den Aufbau und Abbau des Wandfilms ermittelt werden. Durch die Berücksichtigung der Kraftstoff-Wandfilme beim Umschalten von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung und umgekehrt werden Schwankungen oder gar Sprünge des Drehmoments der Brennkraftmaschine 10 vermieden.

[0078] In der Fig. 7 ist ein Zeitdiagramm dargestellt, das eine Alternative zu dem Vorgehen der Fig. 6 darstellt. In der Fig. 7 ist wiederum das Einspritzsignal TIG für die Gaszuführung und das Einspritzsignal TIK für die Kraftstoffeinspritzung über der Zeit t aufgetragen. Ebenfalls ist der Umschaltzeitpunkt U angegeben.

[0079] Wie aus der Fig. 7 hervorgeht, erfolgt dort nach dem Umschaltzeitpunkt U ein rampenförmiges Ausschalten des Einspritzsignals TIG für die Gaszuführung und ein rampenförmiges Einschalten des Einspritzsignals TIK für die Kraftstoffeinspritzung. Auf diese Weise wird ein langsamer, aber stetiger Übergang von der Gaszuführung zu der Kraftstoffeinspritzung erreicht. Der Wandfilm wird dadurch relativ langsam aufgebaut, so dass dies weitgehend keine Einwirkung auf das von der Brennkraftmaschine 10 erzeugte Drehmoment hat.

[0080] In entsprechender Weise kann auch der Übergang von einer Kraftstoffeinspritzung auf eine Gaszuführung jeweils rampenförmig erfolgen. Auch in diesem Fall wird durch den langsamen Übergang erreicht, dass der Abbau des Wandfilms zu keinen Drehmomentsprüngen oder Schwankungen führt.

[0081] Im Unterschied zu der Fig. 6 ist bei der Weiterbildung der Fig. 7 keine modellartige Berechnung des Wandfilms erforderlich. Stattdessen erfolgen die Übergänge von der Kraftstoffeinspritzung zu der Gaszuführung und umgekehrt durch einfach zu implementierende Rampenfunktionen.

[0082] Eine weitere Ausgestaltung der bisher beschriebenen Verfahren besteht darin, dass nicht nur der Luftmassenstrom LS und der Zündwinkel ZW beeinflusst wird, wie dies im Zusammenhang mit den

Fig. 5a und 5b erläutert wurde, sondern dass zusätzlich das Luftverhältnis (Λ) verändert wird.

[0083] Soll die Brennkraftmaschine 10 bspw. bei Volllast von einer Kraftstoffeinspritzung auf eine Gaszuführung umgeschaltet werden, so ist diese Umschaltung nicht ohne Weiteres möglich, da das Gas üblicherweise einen geringeren Wirkungsgrad als der Kraftstoff aufweist. Durch diesen geringeren Wirkungsgrad ist es bei Gaszuführung nicht ohne Weiteres möglich, das mit Kraftstoffeinspritzung bei Volllast erzeugte Drehmoment ebenfalls zu erzeugen. Dies kann jedoch dadurch erreicht werden, dass für die Gaszuführung das Luftverhältnis geändert wird.

[0084] So ist es möglich, für die Gaszuführung ein "fettes" Luftverhältnis zu wählen, bspw. $\Lambda = 0,9$. Daraus ergibt sich für die Gaszuführung ein höheres Drehmoment. Weiterhin kann durch diese Maßnahme der Zündwinkel zusätzlich nach "früh" verstellt werden, was wiederum eine Steigerung des Drehmoments zur Folge hat. Damit ist es insgesamt möglich, durch die Veränderung des Luftverhältnisses eine Umschaltung bei Volllast von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung zu realisieren.

[0085] In der Fig. 8 ist ein schematischer Ablaufplan eines Verfahrens zur Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine 10 dargestellt. Mit dem Verfahren der Fig. 8 ist eine Umschaltung der Brennkraftmaschine 10 von einer Kraftstoffeinspritzung auf eine Gaszuführung oder umgekehrt von einer Gaszuführung auf eine Kraftstoffeinspritzung möglich.

[0086] Das Verfahren der Fig. 8 wird mit einem Block 80 gestartet, um danach in einem Block 81 zu überprüfen, ob eine Umschaltanforderung vorliegt. Ist dies nicht der Fall, so ist das Verfahren der Fig. 8 beendet. Liegt hingegen eine Umschaltanforderung vor, so wird das Verfahren mit einem Block 82 fortgesetzt.

[0087] In dem Block 82 wird geprüft, ob sich die Brennkraftmaschine 10 in einem Betriebszustand befindet, der üblicherweise als Schubbetrieb oder Schubabschaltung und besser als Schiebebetrieb bezeichnet wird. Ein derartiger Schiebebetrieb liegt bspw. vor, wenn das Kraftfahrzeug ein Gefälle hinunterfährt, wenn eine Wirkverbindung zwischen den Rädern des Kraftfahrzeugs und der Brennkraftmaschine 10 des Kraftfahrzeugs besteht, wenn also insbesondere das Getriebe des Kraftfahrzeugs nicht ausgekoppelt ist, wenn in die Brennkraftmaschine 10 des Kraftfahrzeugs kein Kraftstoff und kein Gas zugeführt wird, wenn also insbesondere der Fahrer des Kraftfahrzeugs das Fahrpedal desselben nicht betätigt, und wenn auf diese Weise die Brennkraftmaschine 10 das Kraftfahrzeug nicht antreibt, sondern stattdessen die Brennkraftmaschine 10 aufgrund des Hangabtriebs selbst angetrieben wird.

[0088] Die Überprüfung des Blocks 82 wird von dem Steuergerät 23 durchgeführt. Hierzu prüft das Steuergerät 23 die entsprechenden Eingangssignale 24 der Brennkraftmaschine 10 bzw. des zugehörigen Kraftfahrzeugs. Wird von dem Steuergerät 23 er-

kannt, dass ein Schiebebetrieb vorliegt, so wird in den Block 83 übergegangen.

[0089] In dem Block 83 wird die Brennkraftmaschine 10 entsprechend der in dem Block 81 überprüften Umschaltanforderung umgeschaltet. Es erfolgt also in dem Block 83 entweder eine Umschaltung von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung oder umgekehrt von einer Gaszuführung zu einer Kraftstoffeinspritzung. Die Umschaltung erfolgt dabei vorzugsweise sprunghaft, kann jedoch auch rampenförmig oder kurvenförmig durchgeführt werden. Es können alle Zylinder der Brennkraftmaschine 10 quasi gleichzeitig umgeschaltet werden oder es können die Zylinder der Brennkraftmaschine 10 auch nacheinander – z. B. entsprechend der Fig. 2 umgeschaltet werden.

[0090] Aufgrund des vorliegenden Schiebebetriebs hat die in dem Block 83 durchgeführte Umschaltung keinerlei Einfluss auf das von der Brennkraftmaschine erzeugte Drehmoment. Es entstehen also keinerlei Drehmomentschwankungen oder Drehmomentsprünge während der Umschaltung in dem Block 83.

[0091] Wird in dem Block 82 von dem Steuergerät 23 festgestellt, dass kein Schiebebetrieb momentan vorliegt, so wird diese Überprüfung des Blocks 82 so lange fortgesetzt, bis ein Schiebebetrieb erkannt wird. Sobald ein derartiger Schiebebetrieb dann von dem Steuergerät 23 erkannt wird, wird die angeforderte Umschaltung durchgeführt.

[0092] Ggf. ist es möglich, in dem zuletzt genannten Fall, also wenn kein Schiebebetrieb in dem Block 82 erkannt wird, einen derartigen Schiebebetrieb gezielt auszulösen. Dies kann bspw. – zumindest kurzzeitig – dadurch erreicht werden, dass bei einer Anfahrt auf eine rote Ampel ein Schiebebetrieb durchgeführt wird. Bei einer derartigen Anfahrt auf eine rote Ampel betätigt der Fahrer des Kraftfahrzeugs üblicherweise nicht das Fahrpedal. Es erfolgt somit keine Kraftstoffeinspritzung oder Gaszuführung. Weiterhin ist das Ausrollen des Kraftfahrzeugs in Richtung zu der roten Ampel mit dem Hinunterfahren eines Gefälles vergleichbar. Insoweit ist es zumindest kurzzeitig möglich, während dieses Ausrollens des Kraftfahrzeugs in den Schiebebetrieb umzuschalten, um dann während dieses Schiebebetriebs von einer Kraftstoffeinspritzung auf eine Gaszuführung oder umgekehrt von einer Gaszuführung auf eine Kraftstoffeinspritzung umzuschalten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, die einen Brennraum (13) aufweist, dem Kraftstoff einspritzbar und/oder Gas zuführbar ist, und bei dem zwischen einer Kraftstoffeinspritzung und einer Gaszuführung umgeschaltet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch eine Beeinflussung von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine (10) eine Änderung des Drehmoments der Brennkraftmaschine

(10) beim Umschalten weitgehend vermieden wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Umschaltzeitpunkt oder die Umschaltzeitpunkte und/oder der Luftmassenstrom (LS) und der Zündwinkel (ZW) und/oder das Luftverhältnis beeinflusst werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinder (Z1, Z2, Z3, Z4) der Brennkraftmaschine (10) zeitlich nacheinander umgeschaltet werden (Fig. 2).

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zeitdauer (T1) zwischen den Umschaltungen der einzelnen Zylinder (Z1, Z2, Z3, Z4) insbesondere in Abhängigkeit von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine (10) vorgebar ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltung während eines Schiebetriebes der Brennkraftmaschine (10) durchgeführt wird (Fig. 8).

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schiebetrieb erzeugt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinder zeitlich nacheinander umgeschaltet werden.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Umschaltung von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung vor der Umschaltung die Drosselklappe (19) geöffnet bzw. der Luftmassenstrom (LS) erhöht und der Zündwinkel (ZW) derart nach spät verstellt wird, dass das Drehmoment der Brennkraftmaschine (10) etwa gleich bleibt (Fig. 5a).

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Umschaltung von einer Gaszuführung zu einer Kraftstoffeinspritzung nach der Umschaltung die Drosselklappe (19) geschlossen bzw. der Luftmassenstrom (LS) vermindert und der Zündwinkel (ZW) derart nach spät verstellt wird, dass das Drehmoment der Brennkraftmaschine (10) etwa gleich bleibt (Fig. 5b).

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Umschaltung von einer Gaszuführung zu einer Kraftstoffeinspritzung nach der Umschaltung die Gaszuführung kurvenförmig ausgeschaltet wird (Fig. 6).

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Umschaltung von einer Kraftstoffeinspritzung zu einer Gaszuführung nach der Umschaltung die Gaszuführung kurvenförmig eingeschaltet wird.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Luftverhältnis vorzugsweise für die Gaszuführung verändert wird.

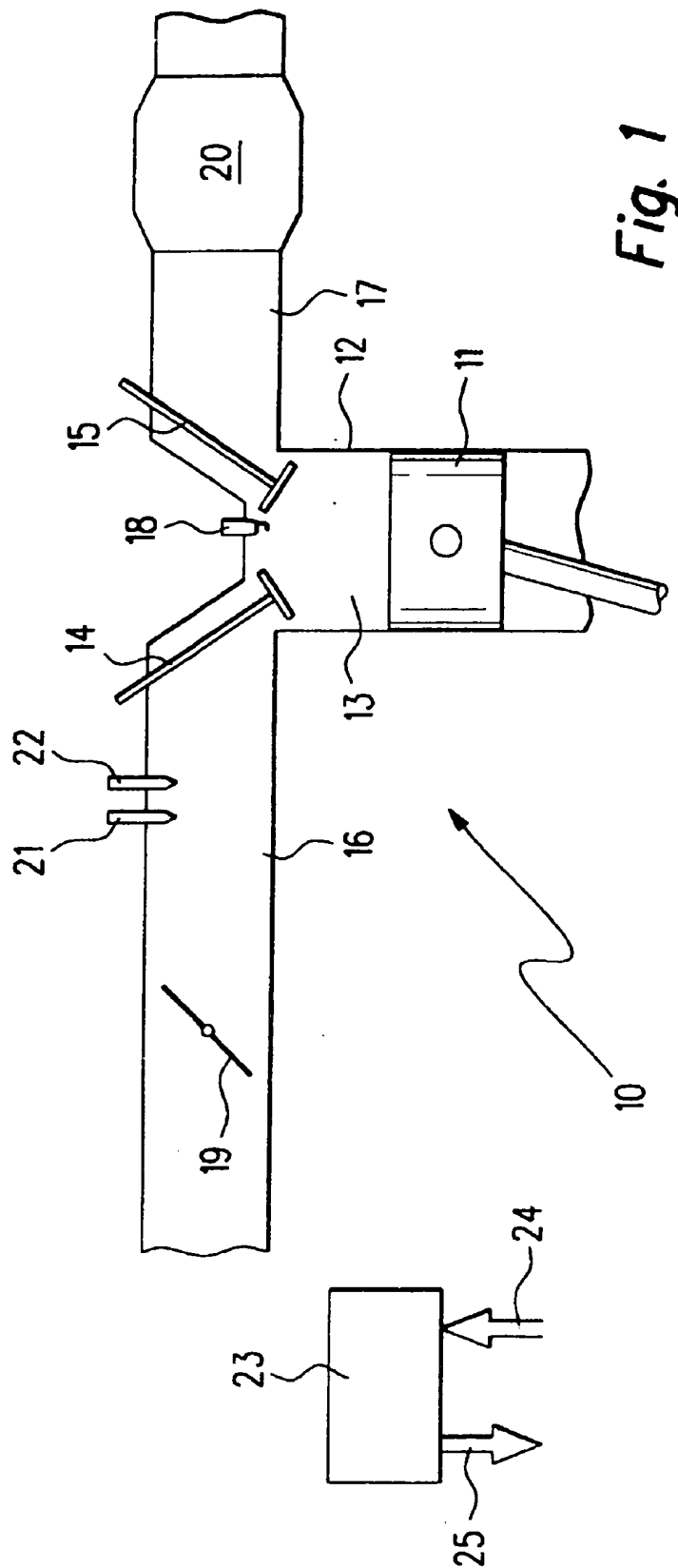
13. Computerprogramm mit Programmbefehlen, die zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche geeignet sind, wenn sie auf einem Computer ablaufen.

14. Computerprogramm nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch dessen Speicherung auf einem elektrischen Speichermedium, insbesondere einem Flash-Memory.

15. Steuergerät (23) für eine Brennkraftmaschine (10) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Brennkraftmaschine (10) einen Brennraum (13) aufweist, dem Kraftstoff einspritzbar und/oder Gas zuführbar ist, und wobei von dem Steuergerät (23) zwischen einer Kraftstoffeinspritzung und einer Gaszuführung umgeschaltet werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Steuergerät (23) durch eine Beeinflussung von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine (10) eine Änderung des Drehmoments der Brennkraftmaschine (10) beim Umschalten weitgehend vermieden wird.

16. Brennkraftmaschine (10) insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Brennraum (13) aufweist, dem Kraftstoff einspritzbar und/oder Gas zuführbar ist, und mit einem Steuergerät (23), mit dem zwischen einer Kraftstoffeinspritzung und einer Gaszuführung umgeschaltet werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Steuergerät (23) durch eine Beeinflussung von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine (10) eine Änderung des Drehmoments der Brennkraftmaschine (10) beim Umschalten weitgehend vermieden wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



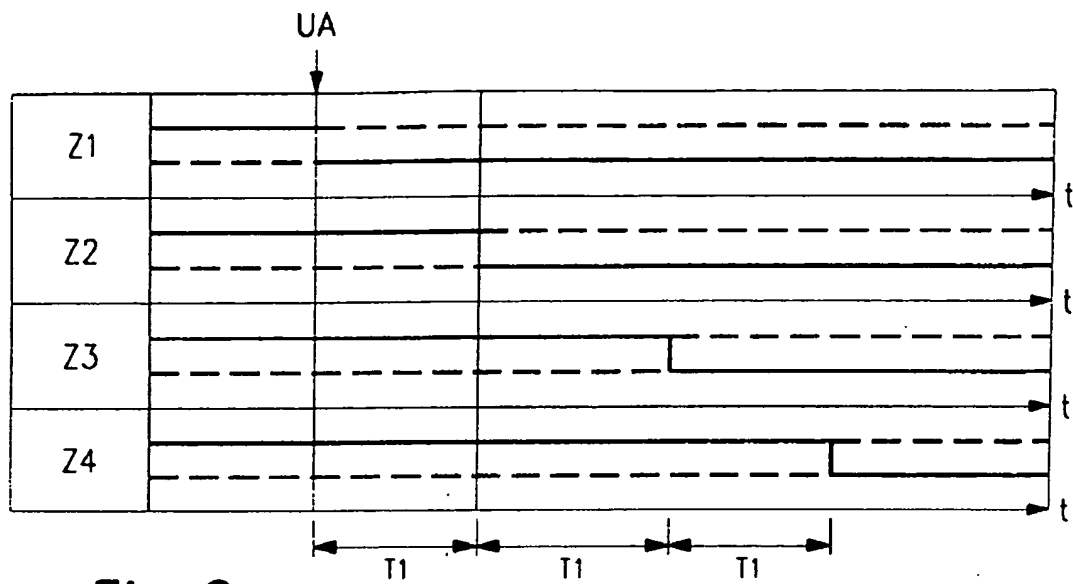


Fig. 2

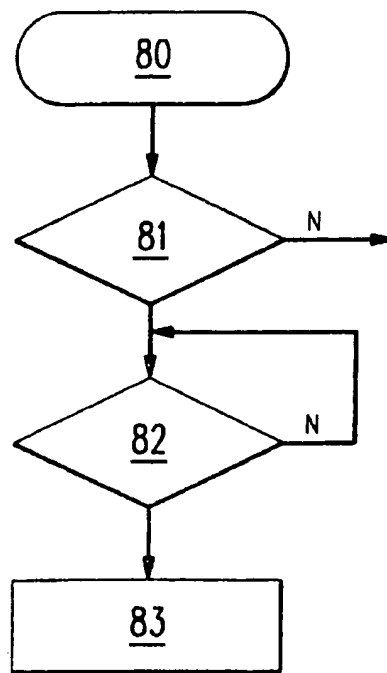


Fig. 8

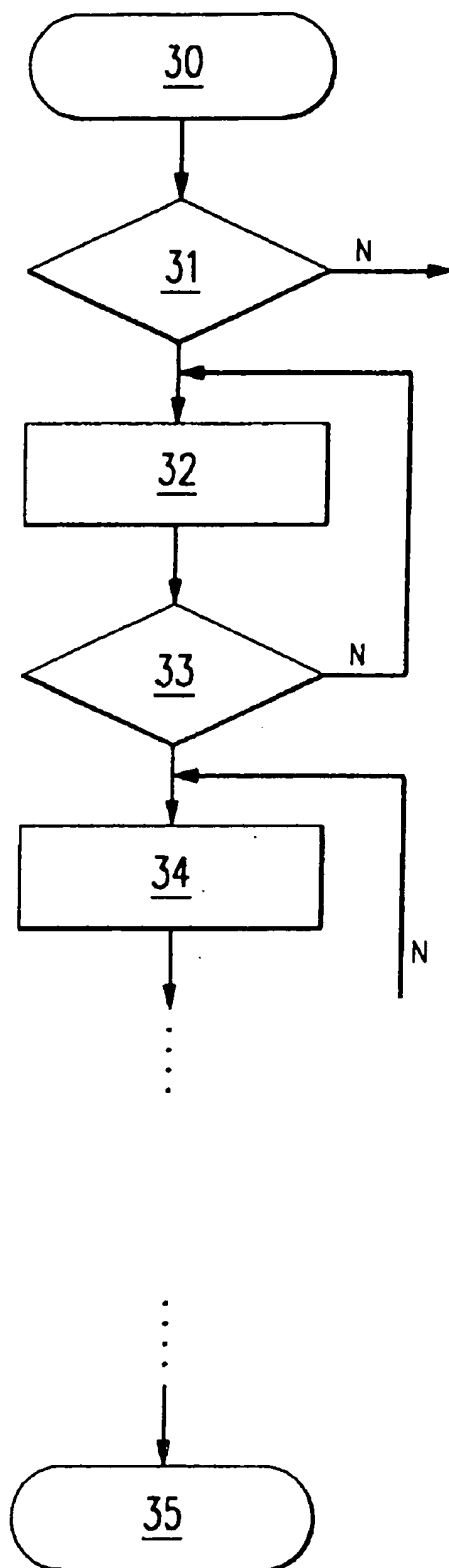


Fig. 3

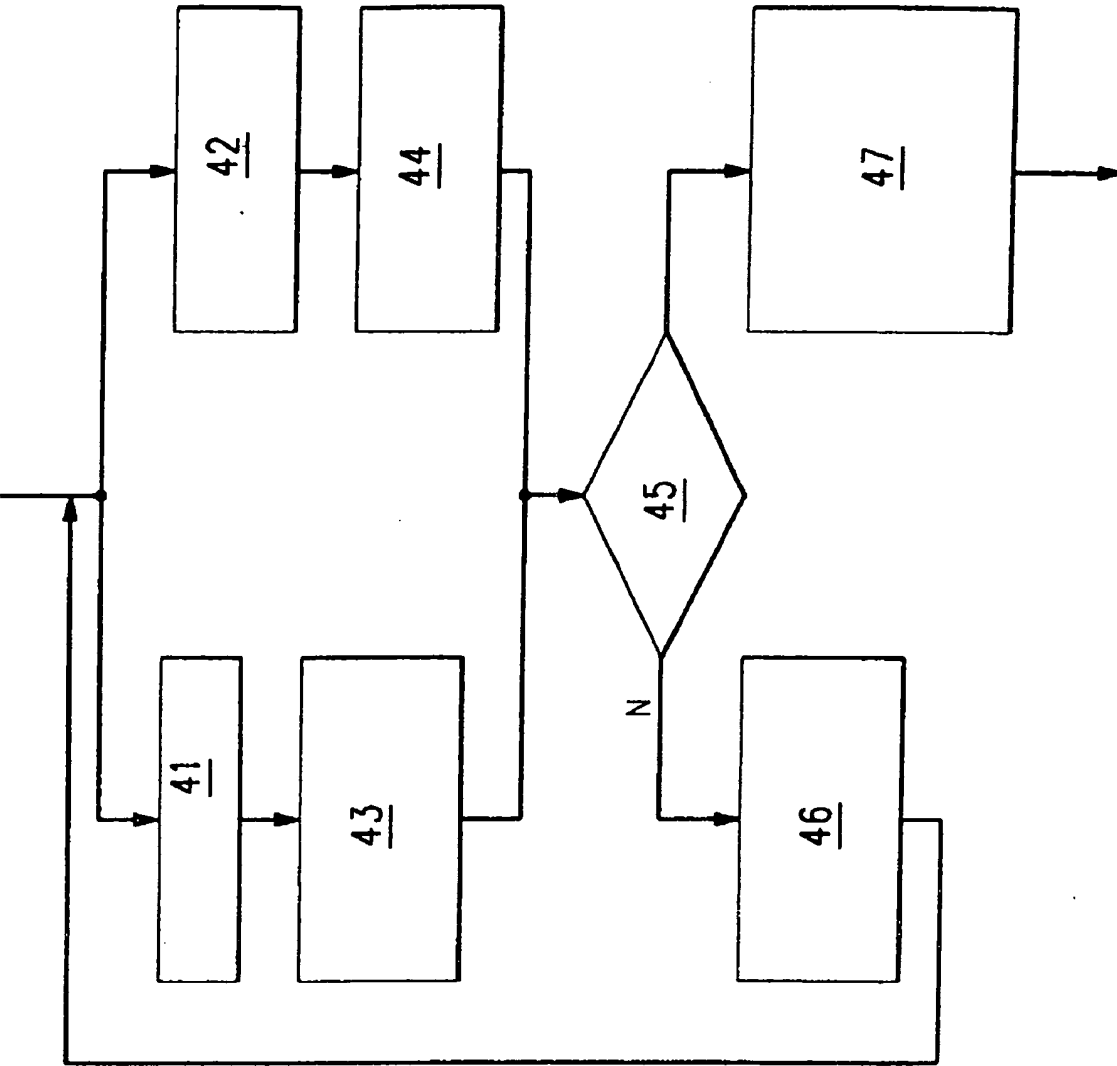


Fig. 4

